

AQ

Monitoring internal combustion engine cylinder e.g. in ship

Publication number: DE4413473

Publication date: 1995-10-26

Inventor: HERMSTRUEWER GUENTHER DIPL ING (DE)

Applicant: STN ATLAS ELEKTRONIK GMBH (DE)

Classification:

- international: **F02P17/04; G01M15/12; F02P17/00; G01M15/04;**
(IPC1-7): G01M15/00; F02D43/00

- european: F02P17/04; G01M15/12

Application number: DE19944413473 19940419

Priority number(s): DE19944413473 19940419

Report a data error here

Abstract of **DE4413473**

The structure-borne sound generated in the cylinder is continuously detected by a sensor whose signal is evaluated wrt. a stored desired signal acquired by a solid sound sensor for an optimally operating, faultless engine. For monitoring or checking and/or setting the ignition time point for the cylinder, the actual time signal is transformed into a crankshaft angle signal, rectified, low pass filtered and applied to a threshold detector. Corrections are applied using reference crankshaft angle values obtained by the same technique and the corrected crankshaft angle displayed continuously.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

USPS EXPRESS MAIL
EV 636 852 165 US
AUGUST 1 2006



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 13 473 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 M 15/00
F 02 D 43/00

②① Aktenzeichen: P 44 13 473.8
②② Anmeldetag: 19. 4. 94
④③ Offenlegungstag: 26. 10. 95

DE 44 13 473 A 1

⑦① Anmelder:
STN ATLAS Elektronik GmbH, 28309 Bremen, DE

⑦② Erfinder:
Hermstrüwer, Günther, Dipl.-ing., 28832 Achim, DE

⑤④ Verfahren zur Überwachung von Brennkraftmaschinen

⑤⑦ Es wird ein Verfahren zur Überwachung von mindestens einem Verbrennungszyylinder einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoffeinspritzung, insbesondere eines Schiffsdieselmotors, angegeben, bei welchem mittels eines Sensors Körperschall zeitkontinuierlich aufgenommen und das vom Sensor ausgegebene elektrische Istwertsignal anhand eines abgespeicherten Sollwertsignals bewertet wird. Dieses Verfahren wird zur Überwachung oder Prüfung und/oder Einstellung des Zündzeitpunktes des Verbrennungszyinders dadurch verwendbar gemacht, daß das als Zeitsignal vorliegende Istwertsignal in Kurbelwinkelsignale transformiert wird, diese gleichgerichtet und tiefpaßgefiltert und danach an eine Detektionsschwelle gelegt werden, die Überschreitungsstellen der Detektionsschwelle detektiert und die den Überschreitungsstellen zugehörigen Kurbelwinkelwerte mittels Referenzkurbelwinkelwerte korrigiert werden, die durch gleiche Verarbeitungsschritte aus dem Sollwertsignal gewonnen worden sind, und daß die korrigierten Kurbelwinkelwerte zeitkontinuierlich dargestellt werden.

DE 44 13 473 A 1

USPS EXPRESS MAIL
EV 636 852 165 US
AUGUST 1 2006

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung von mindestens einem Verbrennungszyylinder mit von einer Kurbelwelle angetriebenem Hubkolben und Kraftstoffeinspritzung in einer Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Schiffsdieselmotor, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Bei einem bekannten Verfahren zur Überwachung zyklisch arbeitender Maschinen der vorgenannten Art (EP 0 459 946 A1) wird das am Sensorausgang abgenommene elektrische Körperschall-Istwertsignal zusammen mit dem Körperschall-Sollwertsignal in einem gemeinsamen Diagramm mit orthogonalen Koordinaten dargestellt, wobei auf der Abszisse die Zeit und auf der Ordinate die Signalamplitude abgetragen ist. Die Bewertung des Istwertsignals erfolgt durch direkten visuellen Vergleich der beiden Zeitsignale, wodurch festgestellt werden kann, ob das Istwertsignal von dem Sollwertsignal, das nach Motorrevision vom störungsfrei arbeitenden Motor abgenommen und abgespeichert worden ist, wesentlich abweicht und somit Störungen im Motor vorliegen. Unter Zeitsignal wird hier der Amplitudenverlauf des Ausgangssignals des Körperschallsensors in Abhängigkeit von der Zeit verstanden. Die Beurteilung des Betriebszustands mittels der Körperschallsignale kann bei dieser Darstellung von Istwert- und Sollwertsignal als Zeitsignale nur eine generelle sein, da solche Zeitsignale, wie aus Fig. 5 der genannten EP 0 459 946 A1 ohne weiteres ersichtlich ist, nur global, nicht aber im Detail miteinander verglichen werden können und sich zudem mit jeder Umdrehung, wenn auch nur graduell, verändern, was den Vergleich zusätzlich erschwert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß damit eine hochgenaue Überwachung oder Prüfung und/oder Einstellung des Zündzeitpunktes des Verbrennungszyinders möglich ist und somit ein auch von nur angelernten Kräften durchführbares Verfahren zur optimalen Einstellung von Verbrennungsmotoren zur Verfügung steht, das universell bei allen Verbrennungsmotoren mit Kraftstoffeinspritzung anwendbar ist.

Die Aufgabe ist bei einem Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß durch die Darstellung der korrigierten Kurbelwinkelwerte für die Überschreitungsstellen der Detektionsschwelle durch die Amplitude der gleichgerichteten und tiefpaßgefilterten Kurbelwinkelsignale der Zündzeitpunkt des Verbrennungszyinders bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle dargestellt wird, so daß sich über einen längeren Zeitabschnitt hinweg eine deutliche Spur ergibt, mittels welcher die genaue Lage des Zündzeitpunktes bezüglich des Kurbelwinkels hochgenau festgestellt und ggf. durch geeignete Maßnahmen korrigiert werden kann. Die durchgeführte Korrektur kann sofort im Diagramm durch die sich einstellende Verlagerung der Spur erkannt und kontrolliert werden. Unter Kurbelwinkelsignal wird hier der Amplitudenverlauf des Ausgangssignals des Körperschallsensors in Abhängigkeit vom Drehwinkel der den Hubkolben im Verbrennungszyylinder antreibenden Kurbelwelle (Kurbelwinkel) verstanden.

Da bei Verbrennungszyindern mit Kraftstoffeinspritzung die Zündung des Kraftstoffs immer bei Kraftstoff-

einspritzung in den Verbrennungsraum des Verbrennungszyinders erfolgt, fällt der Zündzeitpunkt stets mit der Kraftstoffeinspritzung durch ein dem Verbrennungszyylinder zur Kraftstoffeinspritzung zugeordnetes Einspritzventil zusammen. Beim Öffnen und Schließen erzeugt das Einspritzventil durch Aufschlagen der Ventiltadel auf dem Ventilsitz ein erhebliches Schlaggeräusch, das zu großen Amplitudenwerten des vom Körperschallsensor aufgenommenen Körperschalls beiträgt. Dieses im Körperschall enthaltene Schlaggeräusch kann von Geräuschen, die von anderen Schallquellen verursacht werden, gut getrennt und im Ausgangssignal des Körperschallsensors detektiert werden. Mittels des bei störungsfrei arbeitendem Motor aufgenommenen, verarbeiteten und abgespeicherten Sollwertsignals wird die Kurbelwinkeldifferenz zwischen dem eigentlichen Zündzeitpunkt des Verbrennungszyinders, der mit der oberen Totpunktage des Hubkolbens zusammenfällt, und dem Auftreten des vom Einspritzventil ausgelösten, über den Körperschallsensor aufgenommenen und durch die genannten Verarbeitungsschritte detektierten Körperschallimpulses bestimmt. Diese Kurbelwinkeldifferenz oder Zündverzögerung stellt den Referenzkurbelwinkel dar, mit dem die am laufenden Motor gemessenen Kurbelwinkelwerte für die Überschreitungsstellen der Detektionsschwelle korrigiert werden. Damit kann sehr einfach und hochgenau über einen beliebig langen Zeitabschnitt auch von angelernten Hilfskräften geprüft werden, inwieweit der Zündzeitpunkt des Verbrennungszyinders mit der oberen Totpunktage seines Hubkolbens übereinstimmt oder ob eine Zündverzögerung vorhanden ist. Durch entsprechendes Einstellen kann die Kraftstoffeinspritzung so korrigiert werden, daß die Zündverzögerung eliminiert wird, was in dem dargestellten Diagramm durch mit der Korrektur einsetzende Verlagerung der die Zündverzögerung kennzeichnenden Spur unmittelbar nachvollzogen wird. Der Prüfer weiß nunmehr, daß der Verbrennungszyylinder optimal arbeitet, das heißt, größte Antriebsleistung bei geringstem Kraftstoffverbrauch und minimiertem Schadstoffausstoß abgibt.

Vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens mit vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen angegeben.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Darstellung der korrigierten Kurbelwinkelwerte in einem Diagramm mit orthogonalen Koordinaten, indem die korrigierten Kurbelwinkelwerte über der Abszisse und die zugehörigen Zeitwerte ihres Auftretens über der Ordinate abgetragen werden. Dadurch erhält man eine sehr informative Darstellung, allgemein unter dem Begriff Wasserfalldarstellung bekannt, die dem Prüfer oder Überwacher eine zuverlässige Aussage über die absolute Lage des Zündzeitpunktes bezogen auf den Umdrehungswinkel der Kurbelwelle (Kurbelwinkel) liefert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird dabei die Winkelskalierung der Abszisse so gewählt, daß dem oberen Totpunkt des Hubkolbens des Verbrennungszyinders der Kurbelwinkel "0°" zugeordnet wird. Dadurch wird dem Prüfer oder Überwacher deutlich die Zündverzögerung oder Zündvoreilung (in Grad Kurbelwinkel) angezeigt, die der nicht ordnungsgemäß eingestellte Verbrennungszyylinder aufweist. Die Kraftstoffeinspritzung muß dann so korrigiert werden, daß die Zündverzögerung zu Null wird, die dargestellte Spur also längs des Kurbelwinkels 0° verläuft. Die Kor-

rektureinstellung kann an der Anzeige beobachtet werden und somit die Korrektoreinstellung schnell und hochgenau durchgeführt werden.

Um auch bei sich ändernden Betriebsdrehzahlen der Brennkraftmaschine die Genauigkeit der Zündeneinstellung überwachen und/oder prüfen zu können, werden gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung die Referenzkurbelwinkelwerte in einer Referenztabelle abgelegt, wobei für jede Drehzahl der Kurbelwelle ein Referenzkurbelwinkel vorgesehen ist. An der laufenden Brennkraftmaschine wird nunmehr fortlaufend die Drehzahl der Kurbelwelle gemessen und zur Korrektur der Kurbelwinkelwerte der der momentanen Drehzahl zugehörige Referenzkurbelwinkelwert herangezogen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Körperschallsensor unmittelbar auf dem Gehäuse eines dem Verbrennungszyylinder zur Kraftstoffeinspritzung zugeordneten Einspritzventils angeordnet. Ein hierfür geeigneter Körperschallsensor wird beispielsweise von der Firma Kistler Instrumente AG, Winterthur, Schweiz, unter der Bezeichnung "K-SHEAR-Piezotron-Beschleunigungssensor" vertrieben. Bei dieser Befestigung des Sensors ist dieser sehr nahe an der körperschallerzeugenden Quelle angeordnet und der Körperschall kann von dem Sensor mit einem sehr guten Stör- zu Nutzverhältnis (S/N) erfaßt werden.

Eine vorteilhafte Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Anspruch 7 angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Überwachung eines Schiffsdieselmotors,

Fig. 2 bis 6 jeweils Beispiele graphischer Darstellungen auf einer Anzeigeeinheit der Vorrichtung gemäß Fig. 1.

Das Verfahren zur Überwachung von mindestens einem Verbrennungszyylinder mit von einer Kurbelwelle angetriebenem Hubkolben und Kraftstoffeinspritzung in einem Schiffsdieselmotor als Beispiel für eine Brennkraftmaschine wird mittels einer in Fig. 1 im Blockschaltbild dargestellten Überwachungsvorrichtung wie folgt durchgeführt:

Zwecks Überwachung oder Prüfung und/oder Einstellung des Zündzeitpunktes des Verbrennungszyinders wird auf das Gehäuse eines dem Verbrennungszyylinder zur Kraftstoffeinspritzung zugeordneten, hier nicht dargestellten Einspritzventils ein Körperschallsensor befestigt, der den vom Einspritzventil beim Öffnen und Schließen durch das Aufschlagen der Ventilschlepp auf dem Ventilsitz erzeugten Körperschall aufnimmt und als elektrisches Signal an seinem Ausgang zur Verfügung stellt. Solche Körperschallsensoren können verschiedenartig ausgebildet sein. Ein Beispiel für einen solchen Körperschallsensor ist der K-SHEAR-Piezotron-Beschleunigungssensor der Firma Kistler Instrumente AG, Winterthur, Schweiz. Das am Ausgang des in Fig. 1 mit 10 bezeichneten Körperschallsensors abgenommene elektrische Istwertsignal ist ein sog. Zeitsignal, d. h. der Amplitudenverlauf des Istwertsignals ist eine Funktion der Zeit. Mittels eines in Fig. 1 mit 11 bezeichneten Drehzahlmessers wird die Drehzahl n der den Hubkolben im Verbrennungszyylinder antreibenden Kurbelwelle gemessen. Hierzu wird ein Triggersignal erzeugt, das die obere Totpunktlage des Hubkolbens im

Verbrennungszyylinder signalisiert und mittels dessen die Zahl der Umdrehungen der Kurbelwelle pro Zeiteinheit (Drehzahl) gemessen werden kann.

Das als Zeitsignal am Ausgang des Körperschallsensors 10 vorliegende Istwertsignal wird mittels der Drehzahl und -dem Triggersignal in ein Kurbelwinkelsignal transformiert, d. h. der Amplitudenverlauf des Istwertsignals ist nunmehr eine Funktion des Drehwinkels der Kurbelwelle, des sog. Kurbelwinkels. Ein Beispiel eines Kurbelwinkelsignals ist in Fig. 3 dargestellt.

Die gleichgerichteten und tiefpaßgefilterten Kurbelwinkelsignale werden an eine Detektionsschwelle gelegt und die Überschreitungsstellen der Detektionsschwelle durch die gleichgerichteten und tiefpaßgefilterten Kurbelwinkelsignale detektiert. Die den Überschreitungsstellen zugehörigen Kurbelwinkelwerte werden bestimmt. Eine zeitkontinuierliche Darstellung dieser Kurbelwinkelwerte ist beispielhaft in Fig. 4 wiedergegeben.

Die so bestimmten Kurbelwinkelwerte werden nunmehr mittels Referenzkurbelwinkelwerten korrigiert. Diese Referenzkurbelwinkelwerte werden aus einem Sollwertsignal gewonnen, das als Zeitsignal vom Körperschallsensor 10 bei optimal eingestellter, störungsfrei arbeitender Brennkraftmaschine abgenommen und den gleichen Verarbeitungsschritten, wie vorstehend für das Istwertsignal beschrieben worden ist, unterworfen wird. Dabei wird für jede Drehzahl der Kurbelwelle ein Referenzkurbelwinkelwert ermittelt und abgespeichert.

Diese Referenzkurbelwinkelwerte geben die Kurbelwinkeldifferenz zwischen der oberen Totpunktlage des Hubkolbens im Verbrennungszyylinder und dem Aufnehmen des von der Ventilschlepp des Einspritzventils hervorgerufenen Körperschalls im Körperschallsensor an. Mit dieser Kurbelwinkeldifferenz werden die den Überschreitungsstellen zugehörigen Kurbelwinkelwerte korrigiert und anschließend zeitkontinuierlich dargestellt. Eine solche Darstellung ist beispielhaft in Fig. 5 wiedergegeben. Die Darstellung der korrigierten Kurbelwinkelwerte erfolgt dabei in einem Diagramm mit orthogonalen Koordinaten, wobei die Kurbelwinkelwerte über der Abszisse und die zugehörigen Zeitwerte ihres Auftretens über der Ordinate abgetragen werden. Die Winkelskalierung der Abszisse ist dabei so gewählt, daß dem oberen Totpunkt des Hubkolbens der Kurbelwinkel "0°" zugeordnet ist. Der Kurbelwinkel "0°" ist dabei etwa mittig auf der Abszisse angeordnet und links und rechts davon die Kurbelwinkelabweichungen in Grad mit positivem und negativem Vorzeichen abgetragen. Die beispielhafte Darstellung in Fig. 5 zeigt, daß im Verbrennungszyylinder eine etwa zeitkonstante Zündverzögerung von 2 vorhanden ist, d. h. daß die Zündung bzw. die Kraftstoffeinspritzung des Verbrennungszyinders nicht optimal eingestellt ist. Die Kraftstoffeinspritzung für den Verbrennungszyylinder müßte nunmehr so korrigiert werden, bis die in Fig. 5 dargestellt Zeitspur der Zündverzögerung sich auf den Kurbelwinkel 0° einstellt. Entsprechende Einstellmechaniken sind am Schiffsdieselmotor vorhanden, so daß mit Hilfe dieses Überwachungsverfahrens die Zündeneinstellung der Verbrennungszyylinder des Schiffsdiesels laufend überwacht und ggf. korrigiert werden kann.

In Fig. 1 ist die Überwachungsvorrichtung zur Durchführung des beschriebenen Überwachungsverfahrens für den Zündzeitpunkt des Verbrennungszyinders im Blockschaltbild dargestellt. An den Ausgang des Körperschallsensors 10 ist ein A/D-Wandler (Analog-Digital-Wandler) 12 angeschlossen, dessen Ausgang mit dem

Eingang einer Transformationseinheit 13 verbunden ist. Der Transformationseinheit 13 sind als weitere Eingangsgrößen die vom Drehzahlmesser 11 gemessene Drehzahl n und ein von einem Triggerelement erzeugtes Triggersignal, das die obere Totpunktlage des Hubkolbens des Verbrennungszyinders kennzeichnet, zugeführt. Die Transformationseinheit 13 transformiert das digitale Zeitsignal am Ausgang des A/D-Wandlers in ein digitales Kurbelwinkelsignal. In einem Interpolator 15 wird dieses digitale Kurbelwinkelsignal interpoliert und als Analogsignal in einem ersten Display 16 einer Anzeigeeinheit 17 dargestellt. Die Displaydarstellung ist in Fig. 3 wiedergegeben.

Das Kurbelwinkelsignal wird einem Hüllkurvendetektor 18 zugeführt. Dieser besteht aus einem Gleichrichter mit nachgeordnetem Tiefpaß. Der Ausgang des Hüllkurvendetektors 18 ist mit einem Schwellwertdetektor 19 verbunden, dessen Schwelle über einen Eingang 191 vorgebar ist. Der Schwellwertdetektor detektiert die Überschreitungsstellen der Detektorschwelle durch die Hüllkurve und gibt die den Überschreitungsstellen zugehörigen Kurbelwinkelwerte an seinem Ausgang aus. Diese Kurbelwinkelwerte werden einem zweiten Display 20 der Anzeigeeinheit 17 zugeführt und dort zeitkontinuierlich über einen längeren Zeitabschnitt dargestellt. Diese Displaydarstellung ist in Fig. 4 zu sehen, wobei die Skalierung auf der Abszisse in Grad Kurbelwinkel ausgehend von der oberen Totpunktlage des Hubkolbens im Verbrennungszyinder gewählt ist und die Ordinate eine Zeitachse darstellt. Diese den Überschreitungsstellen zugeordneten Kurbelwinkelwerte werden einer Korrekturereinheit 21 zugeführt. Die Korrekturereinheit 21 ist weiterhin mit einem Referenzspeicher 22 verbunden, in dem eine Vielzahl von Referenzkurbelwinkelwerten, jeweils in Zuordnung zu einer bestimmten Drehzahl der Kurbelwelle, abgespeichert ist. Der Adreßeingang des Referenzspeichers 22 ist mit dem Ausgang des Drehzahlmessers 11 verbunden, so daß jeweils am Ausgang des Referenzspeichers 22 der der momentanen Drehzahl der Kurbelwelle zugehörige Referenzkurbelwinkel ausgelesen und der Korrekturereinheit 21 zugeführt wird. Die am Ausgang des Schwellwertdetektors 19 abgenommenen Kurbelwinkelwerte werden nunmehr in der Korrekturereinheit 21 mit dem jeweiligen Referenzkurbelwinkel korrigiert. Im einfachsten Fall kann die Korrekturereinheit 21 ein Differenzbildner sein, der die Kurbelwinkelwerte um den Referenzwinkelwert reduziert. Die korrigierten Referenzwinkelwerte werden im dritten Display 23 der Anzeigeeinheit 17 zeitkontinuierlich dargestellt. Diese Darstellung der korrigierten Kurbelwinkelwerte im dritten Display 23 ist in Fig. 5 für ein Beispiel wiedergegeben. Die Skalierung von Abszisse und Ordinate ist in gleicher Weise wie in Fig. 4 gewählt. Die Anzeige im Display 23 ist für den Prüfer die wichtigste und wird zur Prüfung und ggf. Korrektur der Zündeneinstellung des Verbrennungszyinders benutzt. Im dargestellten Beispiel der Fig. 5 ist für den Prüfer deutlich zu erkennen, daß der Verbrennungszyinder eine Zündverzögerung von 2° aufweist, also nicht, wie gefordert, im oberen Totpunkt des Hubkolbens (0° Kurbelwinkel) zündet, sondern erst nach einer Kurbelwinkelverschiebung von 2° in Rotationsrichtung. Der Prüfer verändert nun die Kraftstoffeinspritzung so lange, bis diese Zündverzögerung wieder rückgängig gemacht ist. Zur Verdeutlichung einer zeitkontinuierlichen Veränderung der Zündverzögerung werden im Display 23 noch die Zahlenwerte der Zündverzögerung über der Zeit angezeigt, wie dies in Fig. 5

links zu sehen ist. Dieser Darstellung kann der Prüfer entnehmen, daß im Beispiel die Zündverzögerung zeitlich um den Wert 2 schwankt, und zwar mit einer Amplitude von $\pm 0,1^\circ$.

Der Referenzspeicher 22 kann in sehr einfacher Weise geladen werden, indem in einer Testphase der Ausgang des Schwellwertdetektors 19 mit dem Speichereingang des Referenzspeichers 22 verbunden wird und bei dem nach einer Motorinspektion nachweislich optimal eingestellten und störungsfrei arbeitenden Verbrennungszyinder die Drehzahl n der Kurbelwelle verändert wird. Für jeden Drehzahlwert n der Kurbelwelle werden am Ausgang des Schwellwertdetektors 19 eine Vielzahl von etwa konstanten Kurbelwinkelwerten erhalten, die über das Zeitintervall gemittelt werden. Der gemittelte Kurbelwinkelwert wird als Referenzwinkelwert unter der zugeordneten Drehzahladresse im Referenzspeicher 22 abgelegt.

In der Anzeigeeinheit 17 ist noch ein viertes Display 24 vorgesehen, das an den Drehzahlmesser 11 angeschlossen ist und in dem die Drehzahl zeitkontinuierlich dargestellt wird. Ein Beispiel der Drehzahlwiedergabe im vierten Display 24 ist in Fig. 2 dargestellt.

In Fig. 6 ist eine weitere Möglichkeit der Darstellung der am Ausgang der Korrekturereinheit 21 anfallenden korrigierten Kurbelwinkelwerte im dritten Display 23 wiedergegeben. Der dargestellte Zeitabschnitt ist hier deutlich größer und die Kurbelwinkelskalierung absolut, und zwar bezogen auf den oberen Totpunkt des ersten von sieben Verbrennungszyindern des Schiffsdieselmotors gewählt. Der obere Totpunkt des Hubkolbens im überwachten Verbrennungszyinder liegt bei $205,7^\circ$ bezogen auf den oberen Totpunkt des Hubkolbens im ersten Verbrennungszyinder (0°). Deutlich ist in der Darstellung zu sehen, daß zunächst der Verbrennungszyinder optimal eingestellt ist, der Zündzeitpunkt mit dem oberen Totpunkt des Hubkolbens zusammenfällt. Nach einer gewissen Zeit tritt eine Störung auf, wodurch sich der Zündzeitpunkt um etwa 2° Kurbelwinkel gegenüber dem oberen Totpunkt des Hubkolbens des Verbrennungszyinders verschiebt. Durch die Spurverlagerung im dargestellten Diagramm ist deutlich diese Störung auszumachen. Sie kann von dem Prüfer durch entsprechende Korrektur der Kraftstoffeinspritzung wieder rückgängig gemacht werden.

Das beschriebene Verfahren ist nicht auf die Überwachung oder Prüfung und/oder Einstellung eines Schiffsdieselmotors beschränkt. In gleicher Weise können Verbrennungsmotoren mit Kraftstoffeinspritzung beliebiger Bauart einer Kontrolle und Korrektur unterzogen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung von mindestens einem Verbrennungszyinder mit von einer Kurbelwelle angetriebenem Hubkolben und Kraftstoffeinspritzung in einer Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Schiffsdieselmotor, bei welchem der mittels eines Sensors am Verbrennungszyinder erzeugte Körperschall zeitkontinuierlich aufgenommen und das vom Sensor ausgegebene elektrische Istwertsignal anhand eines abgespeicherten Sollwertsignals bewertet wird, das vom Körperschallsensor bei optimal eingestellter, störungsfrei arbeitender Brennkraftmaschine zeitkontinuierlich abgenommen worden ist, gekennzeichnet durch seine Verwendung zur Überwachung oder Prüfung

und/oder Einstellung des Zündzeitpunktes des Verbrennungszyinders, indem das als Zeitsignal vorliegende Istwertsignal in Kurbelwinkelsignale transformiert wird, die Kurbelwinkelsignale gleichgerichtet und tiefpaßgefiltert und danach an eine Detektionsschwelle gelegt werden, die Überschreitungsstellen der Detektionsschwelle durch die gleichgerichteten und tiefpaßgefilterten Kurbelwinkelsignale detektiert und die den Überschreitungsstellen zugehörigen Kurbelwinkelwerte mittels Referenzkurbelwinkelwerte korrigiert werden, die durch gleiche Verarbeitungsschritte aus dem Sollwertsignal gewonnen worden sind, und indem die korrigierten Kurbelwinkelwerte zeitkontinuierlich dargestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Darstellung der korrigierten Kurbelwinkelwerte in einem Diagramm mit orthogonalen Koordinate erfolgt, indem die korrigierten Kurbelwinkelwerte über der Abszisse und die zugehörigen Zeitwerte ihres Auftretens über der Ordinate abgetragen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Skalierung der Abszisse so gewählt wird, daß dem oberen Totpunkt des Hubkolbens der Kurbelwinkel "0°" zugeordnet ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kurbelwinkel "0°" der Abszissenkalierung in etwa mittig der Abszisse angeordnet wird und links und rechts davon Kurbelwinkelabweichungen in Grad abgetragen werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzkurbelwinkelwerte in eine Referenztabelle abgelegt werden, wobei für jede Drehzahl der Kurbelwelle ein Referenzkurbelwinkel vorgesehen wird, und daß die Drehzahl der Kurbelwelle fortlaufend gemessen und zur Korrektur der Kurbelwinkelwerte der der momentanen Drehzahl zugehörige Referenzkurbelwinkelwert herangezogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschallsensor auf dem Gehäuse eines dem Verbrennungszyylinder zur Kraftstoffeinspritzung zugeordneten Einspritzventils angeordnet wird.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit einem am Verbrennungszyylinder der Brennkraftmaschine auftretenden Körperschall aufnehmenden Körperschallsensor (10), einer dem Körperschallsensor (10) nachgeschalteten Signalverarbeitungskette und einer am Ende der Signalverarbeitungskette angeordneten Anzeigeeinheit (17), dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungskette in der genannten Reihenfolge umfaßt:

- einen Analog-Digital-Wandler (12),
- eine Transformationseinheit (13) zur Umsetzung eines digitalen Zeitsignals in ein digitales Kurbelwinkelsignal, wozu der Transformationseinheit (13) ein Drehzahlsignal (n) und ein Triggersignal für die obere Totpunktlage des Hubkolbens des Verbrennungszyinders zugeführt ist,
- einen Interpolator (15),
- einen Gleichrichter mit nachgeordnetem Tiefpaß (18) zur Bestimmung der Hüllkurve des Kurbelwinkelsignals,
- einen Schwellwertdetektor (19) mit vorge-

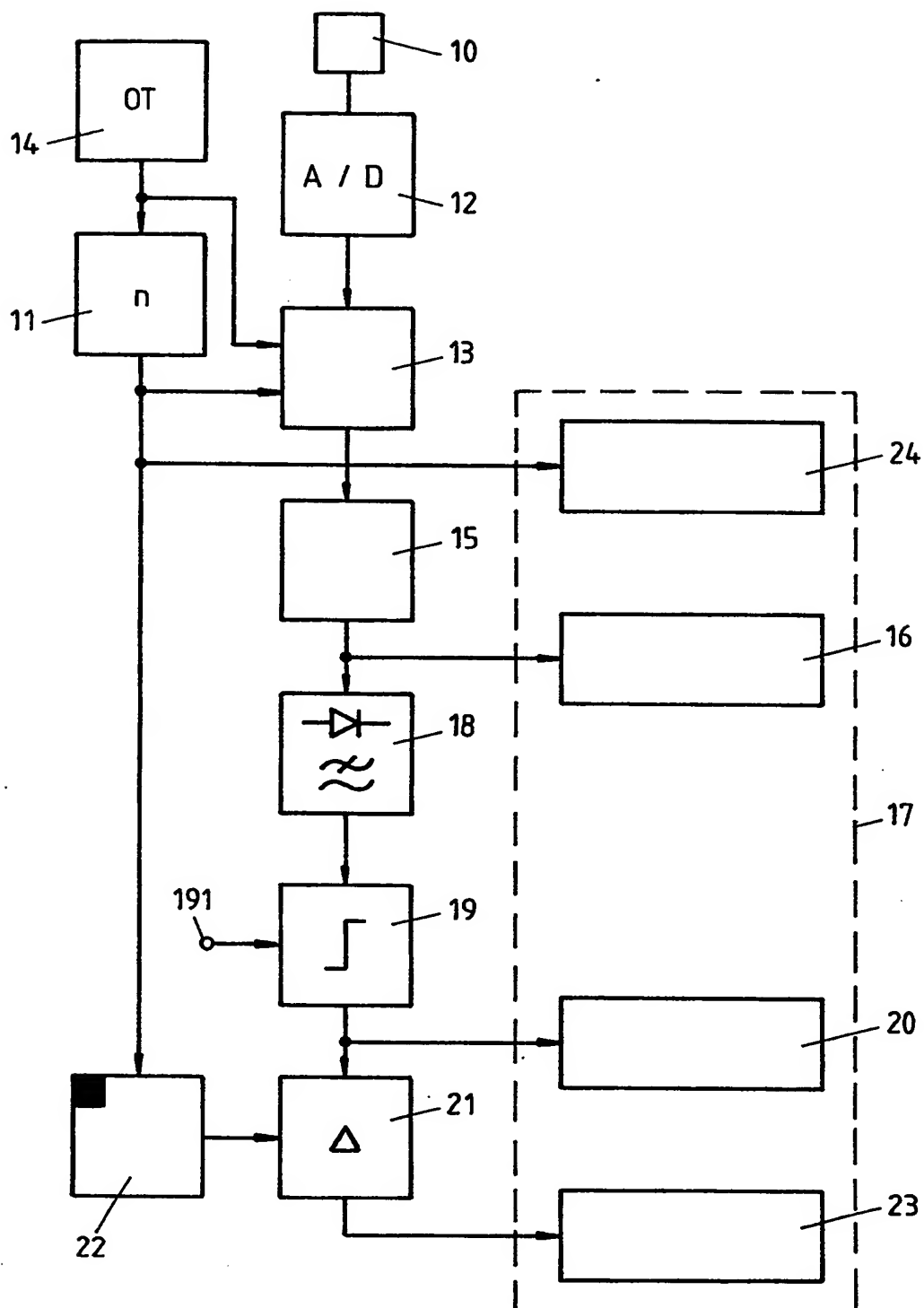
barer Detektionsschwelle, der an seinem Ausgang die Kurbelwinkelwerte für die Überschreitungsstellen der Detektionsschwelle durch die Hüllkurve des Kurbelwinkelsignals liefert, und

— eine an einem Referenzspeicher (22) mit abgespeicherten Referenzkurbelwinkelwerten angeschlossene Korrekturereinheit (21), welche die Kurbelwinkelwerte für die Überschreitungsstellen mittels der aus dem Referenzspeicher (22) ausgelesenen zugehörigen Referenzkurbelwinkelwerte korrigiert,

und daß die Anzeigeeinheit (17) ein Display (23) aufweist, in welchem die korrigierten Kurbelwinkelwerte längs einer Zeitachse darstellbar sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschallsensor (10) am Gehäuse eines der dem Verbrennungszyylinder zur Kraftstoffeinspritzung zugeordneten Einspritzventils befestigt ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



✱ Fig. 1

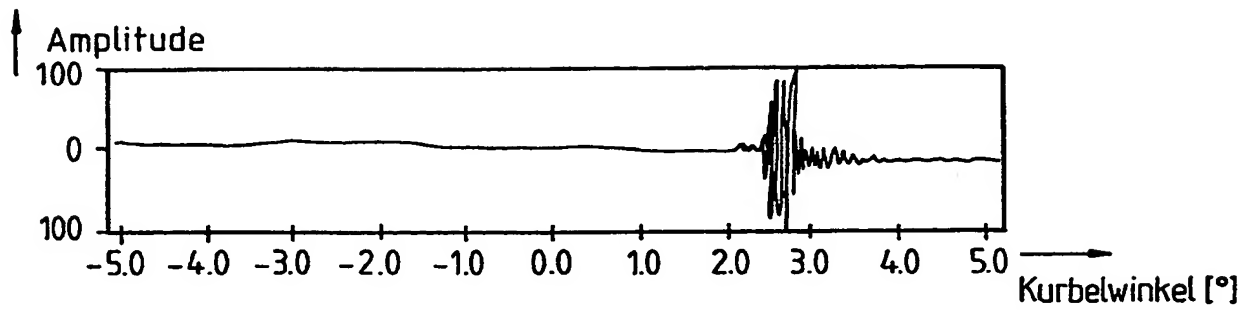


Fig. 3

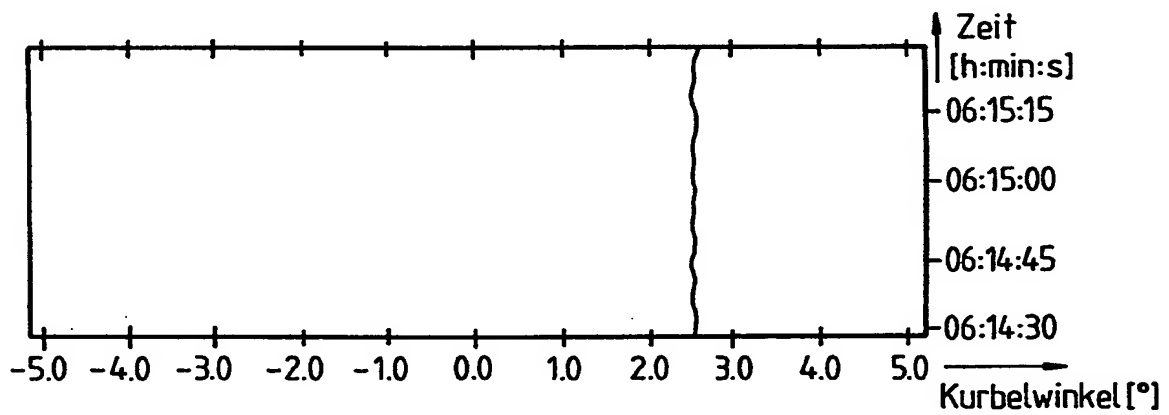


Fig. 4

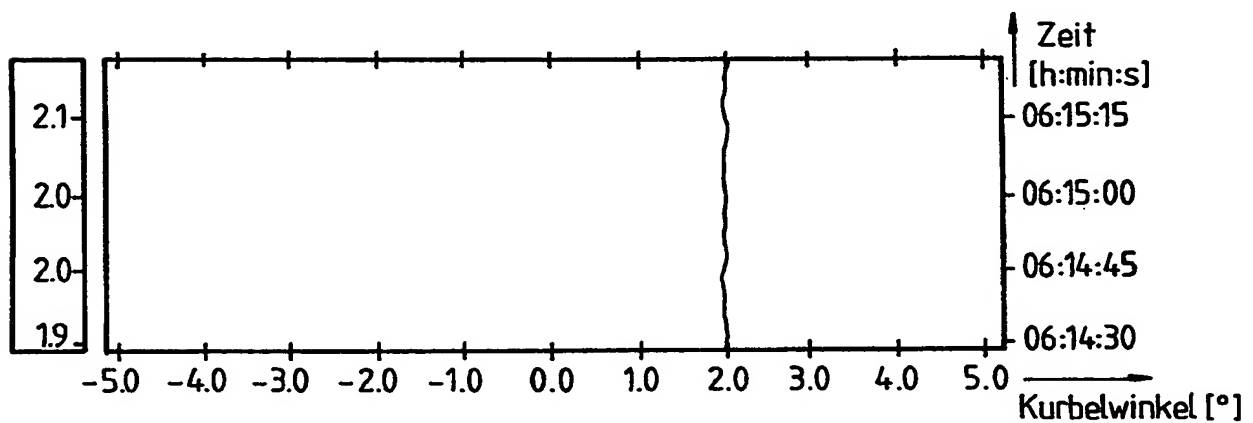


Fig. 5

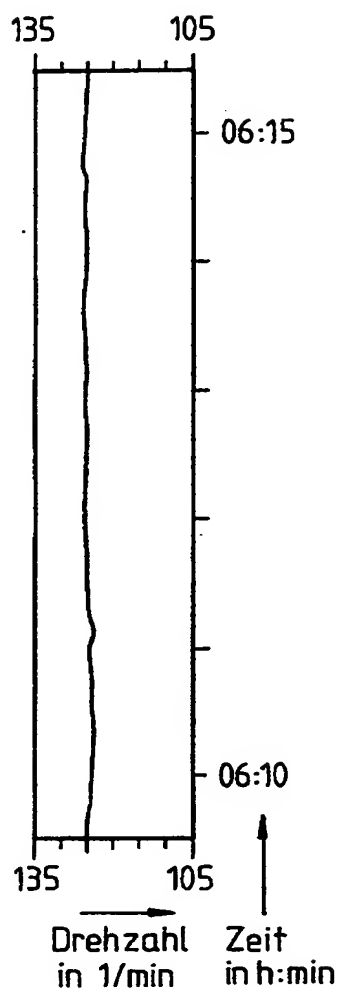


Fig. 2

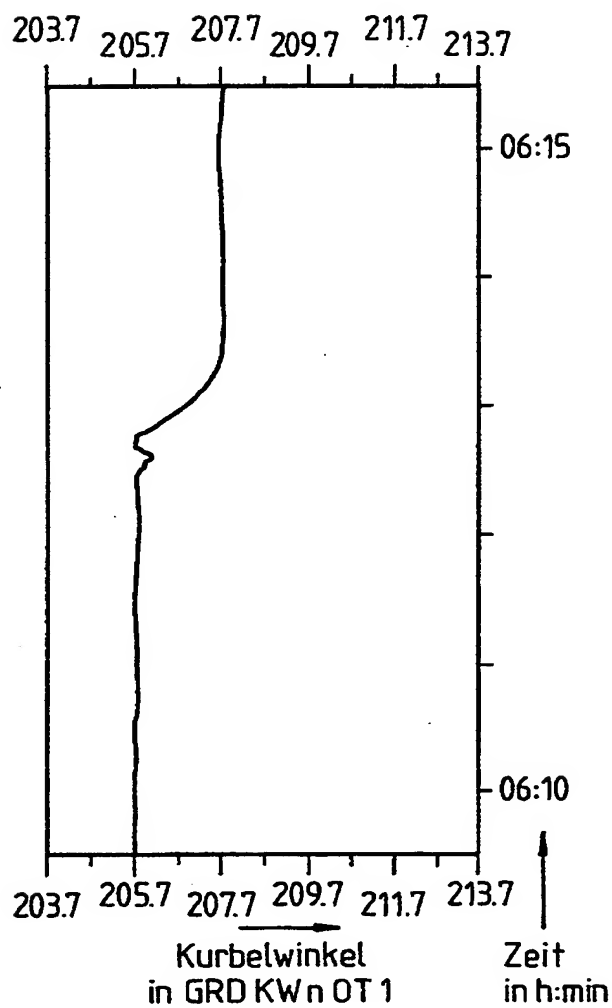


Fig. 6